

N
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**09/786388****PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 02 DEC 1999

WIPO PCT

EJUV

Bescheinigung

be 99/2779

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge, Sendeeinheit und Empfangseinheit"

am 8. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole H 04 L, H 04 Q und H 04 B der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 23. November 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Wehner

Aktenzeichen: 198 40 974.5

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge, Sendeeinheit und Empfangseinheit

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung einer insbesondere zum Zwecke der Synchronisation zumindest zweier Übertragungseinheiten zu übertragenden Signalfolge, sowie ein Verfahren zur Ermittlung dieser Signalfolge und entsprechende Sende- bzw. Empfangseinheiten.

10

Bei Signalübertragungssystemen, wie beispielsweise Mobilfunksystemen, ist es erforderlich, daß einer der Kommunikationspartner (erste Übertragungseinheit) bestimmte festgelegte Signale erkennt, die von einem anderen Kommunikationspartner (zweite Übertragungseinheit) ausgesandt werden. Dabei kann es sich beispielsweise um sogenannte Synchronisierungs-Bursts (Synchronisierungs-Funkblöcke) zur Synchronisierung zweier Synchronisationspartner, wie beispielsweise Funkstationen, oder um sogenannte Access-Bursts handeln.

15

20

Um derartige Empfangssignale gegenüber dem Umgebungsrauschen zuverlässig zu erfassen bzw. zu identifizieren, ist es bekannt, das Empfangssignal fortlaufend über eine festgelegte Zeitdauer mit einer vorgegebenen Signalfolge zu korrelieren und die Korrelationssumme über die Zeitdauer der vorgegebenen Signalfolge zu bilden. Der Bereich des Empfangssignals, der eine maximale Korrelationssumme ergibt, entspricht dem gesuchten Signal. Dem Synchronisationssignal von der Basisstation eines digitalen Mobilfunksystems ist beispielsweise eine Signalfolge als sogenannte Trainingssequenz vorgeschaltet, die auf die eben beschriebene Weise in der Mobilstation durch Korrelation mit der abgespeicherten Signalfolge erfaßt wird. So können die Mobilstationen mit der Basisstation synchronisiert werden.

30

35

Auch in der Basisstation sind derartige Korrelationsberechnungen beispielsweise bei der Random-Access-Channel (RACH)-Detektion erforderlich. Außerdem wird eine Korrelationsberechnung auch zur Bestimmung der Kanalimpulsantwort und der
5 Signallaufzeiten empfangener Signalbursts durchgeführt.

Die Korrelationssumme wird dabei wie folgt berechnet:

$$S_m = \sum_{i=0}^{n-1} E(i+m) * K(i)$$

10

wobei $E(i)$ eine aus dem Empfangssignal abgeleitete Empfangssignalfolge und $K(i)$ die vorgegebene Singalfolge ist, wobei i von 0 bis $n-1$ läuft. Die Korrelationssumme S_m wird aufeinanderfolgend für mehrere zeitlich versetzte, aus dem Empfangssignal gewonnene Signalfolgen $E(i)$ berechnet, und dann der
15 maximale Wert von S_m bestimmt. Sollen k aufeinanderfolgende Korrelationssummen berechnet werden, so beträgt der Berechnungsaufwand $k * n$ Operationen, wobei eine Multiplikation und Addition zusammen als eine Operation gezählt wird.

20

Die Berechnung der Korrelationssummen ist daher sehr aufwendig und erfordert, insbesondere bei Real-Time-Anwendungen wie Sprachkommunikation oder Bildtelefonie oder in CDMA-Systemen, leistungsfähige und daher teure Prozessoren, die bei der Be-
25 rechnung einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Beispielsweise ist zur Synchronisation des sich in der Standardisierung befindlichen UMTS-Mobilfunksystems eine bekannte Signalfolge der Länge 256 Chips (bei CDMA wird ein übertragenes Bit auch Chip genannt) zu ermitteln. Die Folge wird alle 2560 Chips
30 wiederholt. Da die Mobilstation anfangs asynchron zum Chip-takt arbeitet, muß das Empfangssignal überabgetastet werden, um auch bei ungünstiger Abtastlage noch ein ausreichendes Signal zu erhalten. Dies führt aufgrund der Abtastung der I- und Q-Komponente zu $256 * 2560 * 2 * 2 = 2621440$ Operationen.

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und Anordnungen anzugeben, die es erlauben, Signalfolgen zu bilden, und diese in übertragenen Empfangssignalfolgen durch die Bildung von Korrelationssummen vergleichsweise einfach zu ermitteln.

Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

10

Die Erfindung beruht auf dem Gedanken, Signalfolgen zu bilden, indem eine zweite Signalteilfolge der Länge n_2 n_1 mal wiederholt wird und dabei mit der ersten Signalteilfolge moduliert wird.

15

Dadurch können Signalfolgen gebildet werden, die, wenn sie in einer Empfangssignalfolge enthalten sind, leicht ermittelt werden können.

20 Zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge enthaltenen vorgegebenen Signalfolge mittels der Bestimmung von Korrelationssummen wird eine Teilkorrelationssummenfolge der zweiten Signalteilfolge mit entsprechenden Teilen der Empfangssignalfolge berechnet. Zur Berechnung einer Korrelationssumme werden n_1 Elemente der Teilkorrelationssummenfolge ausgewählt und im Sinne eines Skalarproduktes mit der ersten Signalteilfolge multipliziert.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung werden einmal berechnete Teilkorrelationssummen abgespeichert und zur Berechnung weiterer Korrelationssummen verwendet.

30 So ist es möglich bei der Berechnung weiterer Korrelationssummen vorher schon berechnete Teilkorrelationssummen zu verwenden und so den Rechenaufwand enorm zu verringern.

35

Unter Empfangssignalfolge versteht man auch eine Signalfolge, die beispielsweise durch eine Demodulation, Filterung, Dero-
tation, Skalierung oder Analog-/Digitalwandlung aus einem empfangenen Signal abgeleitet wurde.

5

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele näher beschrieben, zu deren Erläuterung die nachfolgend aufgelisteten Figuren dienen:

10 Figur 1 schematische Darstellung eines Mobilfunknetzes

Figur 2 Blockschaltbild einer Funkstation

15 Figur 3 herkömmliches Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen

Figur 4 Darstellung erfindungsgemäßer Signalfolgen und Signalteilfolgen

20 Figur 5 schematische Darstellung der Bildung der erfindungsgemäßen Signalfolge

Figur 6,7 und 8 schematische Darstellung eines Verfahrens zur Berechnung einer Korrelationssumme

25

Figur 9 und 10 schematische Darstellung einer Ausführungsvariante eines Verfahrens zur Bildung der Korrelationssumme.

30 In Figur 1 ist ein zellulares Mobilfunknetz, wie beispielsweise das GSM (Global System for Mobile Communication)-System dargestellt, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind, bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN/ISDN herstellen. Ferner sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest
35 einem Basisstationscontroller BSC verbunden, der auch durch ein Datenverarbeitungssystem gebildet sein kann. Eine ähnli-

che Architektur findet sich auch in einem UMTS (Universal Mobile Telecommunication System).

Jeder Basisstationscontroller BSC ist wiederum mit zumindest
5 einer Basisstation BS verbunden. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Funkverbindung zu anderen Funkstationen, sogenannten Mobilstationen MS aufbauen kann. Zwischen den Mobilstationen MS und der diesen Mobilstationen MS zugeordneten Basisstation BS
10 können mittels Funksignalen Informationen innerhalb von Funkkanälen f die innerhalb von Frequenzbändern b liegen, übertragen werden. Die Reichweite der Funksignale einer Basisstation definieren im wesentlichen eine Funkzelle FZ.

15 Basisstationen BS und ein Basisstationscontroller BSC können zu einem Basisstationssystem BSS zusammengefaßt werden. Das Basisstationssystem BSS ist dabei auch für die Funkkanalverwaltung bzw. -zuteilung, die Datenratenanpaßung, die Überwachung der Funkübertragungsstrecke, Hand-Over-Prozeduren, und
20 im Falle eines CDMA-Systems für die Zuteilung der zu verwendenden Spreizcodessets, zuständig und übermittelt die dazu nötigen Signalisierungsinformationen zu den Mobilstationen MS.

Im Falle eines Duplex-Systems können bei FDD (Frequency Division Duplex)-Systemen, wie dem GSM-System, für den Uplink u (Mobilstation (Sendeeinheit) zur Basisstation (Empfangseinheit)) andere Frequenzbänder vorgesehen sein als für den Downlink d (Basisstation (Sendeeinheit) zur Mobilstation
30 (Empfangseinheit)). Innerhalb der unterschiedlichen Frequenzbänder b können durch ein FDMA (Frequency Division Multiple Access) Verfahren mehrere Frequenzkanäle f realisiert werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung versteht man unter Übertragungseinheit auch Kommunikationseinheit, Sendeeinheit,
35 Empfangseinheit, Kommunikationsendgerät, Funkstation, Mobilstation oder Basisstation. Im Rahmen dieser Anmeldung verwenden

dete Begriffe und Beispiele beziehen sich auch oft auf ein GSM-Mobilfunksystem; sie sind jedoch keineswegs darauf beschränkt, sondern können anhand der Beschreibung von einem Fachmann auch leicht auf andere, gegebenenfalls zukünftige, Mobilfunksysteme, wie CDMA-Systeme, insbesondere Wide-Band-CDMA-Systeme abgebildet werden.

Mittels Vielfachzugriffsverfahren können Daten über eine Funkchnittstelle effizient übertragen, separiert und einer oder mehreren bestimmten Verbindungen bzw. dem entsprechenden Teilnehmer zugeteilt werden. Dazu kann ein Zeitvielfachzugriff TDMA, ein Frequenzvielfachzugriff FDMA, ein Codevielfachzugriff CDMA oder eine Kombination aus mehreren dieser Vielfachzugriffsverfahren eingesetzt werden.

Beim FDMA wird das Frequenzband b in mehrere Frequenzkanäle f zerlegt; diese Frequenzkanäle werden durch den Zeitvielfachzugriff TDMA in Zeitschlitzte t_s aufgeteilt. Die innerhalb eines Zeitschlitzes t_s und eines Frequenzkanals f übertragenen Signale können durch verbindungsindividuelle den Daten aufmodulierte Spreizcodes, sogenannte CDMA-Codes cc separiert werden.

Die so entstehenden physikalischen Kanäle werden nach einem festgelegten Schema logischen Kanälen zugeordnet. Bei den logischen Kanälen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten: Signalisierungskanäle (bzw. Steuerkanäle) zur Übertragung von Signalisierungsinformationen (bzw. Steuerinformationen) und Verkehrskanäle (Traffic Channel TCH) zur Übertragung von Nutzdaten.

Die Signalisierungskanäle werden weiter unterteilt in:

- Broadcast Channels
- Common Control Channels
- Dedicated/Access Control Channel DCCH/ACCH

Zu der Gruppe der Broadcast Channels gehören der Broadcast Control Channel BCCH, durch den die MS funktechnische Informationen vom Basisstationssystem BSS erhält, der Frequency

Correction Channel FCCH und der Synchronization Channel SCH. Zu den Common Control Channels gehört der Random Access Channel RACH. Die zur Realisierung dieser logischen Kanäle übertragenen Funkblöcke oder Signalfolgen können dabei für unterschiedlich Zwecke Signalfolgen $K(i)$ sog. Korrelationsfolgen
5 enthalten.

Figur 2 zeigt eine Funkstation, die eine Mobilstation MS sein kann, bestehend aus einer Bedieneinheit oder interface-
10 Einheit MMI, einer Steuereinrichtung STE, einer Verarbeitungseinrichtung VE, einer Stromversorgungseinrichtung SVE, einer Empfangseinrichtung EE und ggf. einer Sendeeinrichtung SE.

15 Die Steuereinrichtung STE besteht im wesentlichen aus einem programmgesteuerten Mikrocontroller MC, der schreibend und lesend auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann. Der Microcontroller MC steuert und kontrolliert alle wesentlichen Elemente und Funktionen der Funkstation.

20 Die Verarbeitungseinrichtung VE kann auch durch einen digitalen Signalprozessor DSP gebildet sein, der ebenfalls auf Speicherbausteine SPE zugreifen kann.

In den flüchtigen oder nicht flüchtigen Speicherbausteinen SPE sind die Programmdaten, die zur Steuerung der Funkstation und des Kommunikationsablaufs, insbesondere auch der Signalisierungsprozeduren, benötigt werden und während der Verarbeitung von Signalen entstehende Informationen gespeichert. Außerdem können darin Signalfolgen $K(i)$, die zu Korrelations-
30 zwecken verwendet werden, und Zwischenergebnisse von Korrelationssummenberechnungen gespeichert werden.

Der Hochfrequenzteil HF besteht ggf. aus der Sendeeinrichtung
35 SE, mit einem Modulator und einem Verstärker V und einer Empfangseinrichtung EE mit einem Demodulator und ebenfalls einem Verstärker. Durch Analog/Digitalwandlung werden die analogen

Audiosignale und die analogen von der Empfangseinrichtung EE stammenden Signale in digitale Signale gewandelt und vom digitalen Signalprozessor DSP verarbeitet. Nach der Verarbeitung werden ggf. die digitalen Signale durch Digital/Analogwandlung in analoge Audiosignale oder andere Ausgangssignale und analoge der Sendeeinrichtung SE zuzuführende Signale gewandelt. Dazu wird gegebenenfalls eine Modulation bzw. Demodulation durchgeführt.

Der Sendeeinrichtung SE und der Empfangseinrichtung EE wird über den Synthesizer SYN die Frequenz eines spannungsgeregelten Oszillators VCO zugeführt. Mittels des spannungsgesteuerten Oszillators VCO kann auch der Systemtakt zur Taktung von Prozessoreinrichtungen der Funkstation erzeugt werden.

Zum Empfang und zum Senden von Signalen über die Luftschnittstelle eines Mobilfunksystems ist eine Antenneneinrichtung ANT vorgesehen. Bei einigen bekannten Mobilfunksystemen, wie dem GSM (Global System for Mobile Communication) werden die Signale zeitlich gepulst in sogenannten bursts empfangen und gesendet.

Bei der Funkstation kann es sich auch um eine Basisstation BS handeln. In diesem Fall wird das Lautsprecherelement und das Mikrophonelement der Bedieneinheit MMI durch eine Verbindung zu einem Mobilfunknetz, beispielsweise über einen Basisstationscontroller BSC bzw. eine Vermittlungseinrichtung MSC ersetzt. Um gleichzeitig Daten mit mehreren Mobilstationen MS auszutauschen, verfügt die Basisstation BS über eine entsprechende Vielzahl von Sende- bzw. Empfangseinrichtung.

In Figur 3 ist eine Empfangssignalfolge $E(l)$, bei der es sich auch um ein von einem Empfangssignal abgeleitete Signalfolge handeln kann, der Länge w dargestellt. Zur Berechnung einer ersten Korrelationssumme S_0 entsprechend eingangs angegebener Formel werden Elemente eines ersten Abschnitts dieser Empfangssignalfolge $E(l)$ paarweise mit den entsprechenden Ele-

menten der Signalfolge $K(i)$ der Länge n multipliziert, und die Länge der resultierenden Teilergebnisse zur Korrelationssumme S_0 aufaddiert.

- 5 Zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme S_1 wird die Signalfolge $K(i)$ wie in der Figur bildlich dargestellt um ein Element nach rechts verschoben und die Elemente der Signalfolge $K(i)$ mit den entsprechenden Elementen der Signalfolge $E(1)$ paarweise multipliziert, und durch eine Summation der
 10 entstehenden Teilergebnisse wieder die Korrelationssumme S_1 gebildet.

- Die paarweise Multiplikation der Elemente der Signalfolge mit entsprechenden Elementen der Empfangssignalfolge und die anschließende Summation kann auch in Vektorschreibweise als die
 15 Bildung eines Skalarproduktes beschrieben werden, sofern man jeweils die Elemente der Signalfolge und die Elemente der Empfangssignalfolge zu einem Vektor eines kartesischen Koordinatensystems zusammenfaßt:

20

$$S_0 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(i) \\ \vdots \\ E(n-1) \end{pmatrix} = K(0) * E(0) + \dots + K(i) * E(i) + \dots + K(n-1) * E(n-1)$$

$$S_1 = \begin{pmatrix} K(0) \\ \vdots \\ K(i) \\ \vdots \\ K(n-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(i+1) \\ \vdots \\ E(n) \end{pmatrix} = K(0) * E(1) + \dots + K(i) * E(i+1) + \dots + K(n-1) * E(n)$$

- 25 In den so ermittelten Korrelationssummen S kann das Maximum gesucht werden, das Maximum der Korrelationssummen S mit einem vorgegebenen Schwellwert verglichen werden, und so ermittelt werden, ob in dem Empfangssignal $E(1)$ die vorgegebene Signalfolge $K(i)$ enthalten ist und wenn ja, wo im Empfangs-

signal E(1) sie sich befindet, und so zwei Funkstationen miteinander synchronisiert werden bzw. Daten, denen ein individueller Spreizcode in Form einer Signalfolge K(i) aufmoduliert wurde, detektiert werden.

5

In Figur 4 ist wieder die erfindungsgemäße Empfangssignalfolge E(1) und als Korrelationsfolge eine Signalfolge K(i), die auf den Teilsignalfolgen K1(j), K2(k) basiert, dargestellt.

10 In Figur 5 ist die Bildung einer Signalfolge K(i) dargestellt, die auf zwei Signalteilfolgen K2(k) der Länge n2 und K1(j) der Länge n1 basiert. Dazu wird die Signalteilfolge K2(k) n1 mal wiederholt, und dabei durch die Signalteilfolge K1(j) moduliert. Die Bildung der Signalfolge K(i) läßt sich
15 mathematisch auch durch folgende Formel ausdrücken:

$$K(i) = K2(i \bmod n1) * K1(i \operatorname{div} n2)$$

Dabei bezeichnet mod den ganzzahligen Rest einer Division und
20 div das ganzzahlige Ergebnis einer Division.

Dies ist bildlich dargestellt durch eine Folge f2, die aus den wiederholten, nacheinander abgebildeten Signalteilfolgen K2(k) besteht, und eine Folge f1, die durch eine gedehnte Signalteilfolge K1(j) über der Folge f2 abgebildet ist.
25

Durch eine Multiplikation der Elemente der Folge f2 mit den entsprechenden über der Folge f2 abgebildeten Elementen der Folge f1 entsteht die neue Signalfolge K(i) der Länge n. Diese Erzeugung einer Signalfolge K(i) ist unten im Bild noch
30 einmal anhand eines Beispiels zweier binärer Signalteilfolgen der Länge 4 dargestellt.

Derart gebildete Signalfolgen K(i) können zur vereinfachten
35 Berechnung von Korrelationssummen dieser Signalfolgen K(i) mit Empfangssignalfolgen E(1) genutzt werden.

Eine schematische Darstellung einer derartigen vereinfachten und somit auch schnelleren und aufwandgünstigeren Berechnung von Korrelationssummen S ist in den Figuren 6 bis 8 dargestellt, auf die im folgenden eingegangen wird.

5

Zunächst wird eine Teilkorrelationssumme $TS(z)$ gebildet. Dazu wird beispielsweise für das erste Element der Teilkorrelationssummenfolge $TS(0)$ die Korrelationssumme der zweiten Signalteilfolge $K2(k)$ mit dem entsprechenden Abschnitt der Empfangssignalfolge $E(1)$ gebildet.

10

$$TS(0) = \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(0) \\ \vdots \\ E(k) \\ \vdots \\ E(n2-1) \end{pmatrix} = K2(0) * E(0) + \dots + K2(k) * E(k) + \dots + K2(n2-1) * E(n2-1)$$

Für das zweite Element der Teilkorrelationssummenfolge $TS(1)$ wird die zweite Signalteilfolge $K2(k)$ wie bildlich dargestellt um ein Element verschoben und ebenfalls die Korrelationssumme mit dem entsprechenden Element der Empfangssignalfolge $E(1)$ gebildet usw.

15

$$TS(1) = \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(1) \\ \vdots \\ E(k+1) \\ \vdots \\ E(n2) \end{pmatrix} = K2(0) * E(1) + \dots + K2(k) * E(k+1) + \dots + K2(n2-1) * E(n2)$$

20

Das n -te Element der Teilkorrelationssummenfolge $TS(n1*n2-1)$ wird nach $n-1$ Verschiebungen der zweiten Signalteilfolge $K2(k)$ gegenüber der Empfangssignalfolge $E(1)$ entsprechend berechnet.

25

$$\begin{aligned}
 TS(n-1) &= \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(n-1) \\ \vdots \\ E(k+n-1) \\ \vdots \\ E(n2+n-2) \end{pmatrix} = \\
 &= K2(0) * E(n-1) + \dots + K2(k) * E(k+n-1) + \dots + K2(n2-1) * E(n2+n-2)
 \end{aligned}$$

Die so entstehende Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ ist im oberen Bereich der Figur 7 dargestellt. Aus dieser Teilkorrelationssummenfolge wird nun jedes $n2$ -te-Element ausgewählt und mit dem entsprechenden Element der ersten Signalteilfolge $K1(j)$ paarweise multipliziert.

Faßt man die ausgewählten Elemente der Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ und die erste Signalteilfolge $K1(j)$ jeweils zu Vektoren zusammen, so wird die erste Korrelationssumme $S0$ durch das Skalarprodukt dieser beiden Vektoren erzeugt.

$$S0 = \begin{pmatrix} K1(0) \\ \vdots \\ K1(j) \\ \vdots \\ K1(n1-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} TS(0) \\ \vdots \\ TS(j * n2 - 1) \\ \vdots \\ TS((n1-1) * n2 - 1) \end{pmatrix} = K1(0) * TS(0) + \dots + K1(j) * TS(j * n2 - 1) + \dots$$

Figur 7 zeigt im unteren Bereich die entsprechende Berechnung weiterer Korrelationssummen $S1$ bzw. $S2$ durch die Auswahl $n2$ -ter um 1 bzw. 2 rechts von den als erstes ausgewählten Elementen liegenden Elemente:

$$S1 = \begin{pmatrix} K1(0) \\ \vdots \\ K1(j) \\ \vdots \\ K1(n1-1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} TS(1) \\ \vdots \\ TS(j * n2) \\ \vdots \\ TS((n1-1) * n2) \end{pmatrix} = K1(0) * TS(0) + \dots + K1(j) * TS(j * n2) + \dots$$

Durch die Speicherung einmal berechneter Teilkorrelationssummen TS kann auf diese bei der späteren Berechnung von weite-

ren Korrelationssummen zurückgegriffen werden, und somit auf die entsprechenden Rechenschritte verzichtet werden.

Je nach Ausführungsvariante kann entweder zunächst die komplette Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ über die ganze Empfangssignalfolge $E(l)$ berechnet werden und dann die einzelnen Korrelationssummen oder erst bei Bedarf zur Berechnung einer neuen Korrelationssumme die entsprechenden zusätzlich benötigten Teilkorrelationssummen berechnet werden.

Figur 8 zeigt nochmals das aus zwei Schritten bestehende Verfahren zur Berechnung von Korrelationssummen S , diesmal anhand des in Figur 5 dargestellten Beispiels zweier binärer Signalteilfolgen der Länge 4.

In einem ersten Schritt werden die Teilkorrelationssummen $TS(z)$ der zweiten Signalteilfolge $K2(k)$ $++--$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$ berechnet, und dann in einem zweiten Schritt jedes vierte Element der so erzeugten Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ ausgewählt, mit dem entsprechenden Element der ersten Signalteilfolge $K1(j)$ $++--$ multipliziert und zur Korrelationsfolge $S0$ aufsummiert.

Die dick gezeichneten Linien stellen dabei die neu durchzuführenden Berechnungsschritte dar für die Berechnung einer weiteren Korrelationssumme $S1$, für den Fall, daß die übrigen Teilkorrelationssummen TS schon zuvor berechnet und abgespeichert wurden.

Diese Ausführungsvariante kann möglichst speichereffizient durchgeführt werden, wenn zunächst jede $n2$ -te Teilkorrelationssumme berechnet wird. Dazu werden die Abtastwerte zwischengespeichert.

Die Figuren 9 bis 10 stellen eine andere Ausführungsvariante zur vereinfachten Berechnung von Korrelationssummen S anhand

des schon oben erwähnten Beispiels zweier binärer Signalteilstfolgen der Länge 4 vor.

Dabei wird zunächst jedes 4. Element der Empfangssignalfolge
5 $E(l)$ ausgewählt und die Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ der
so ausgewählten Elemente mit der Signalteilstfolge $K1(j)$ ge-
bildet. Aus der so entstehenden Teilkorrelationssummenfolge
 $TS(z)$ werden jeweils 4 aufeinander folgende Elemente ausge-
wählt, paarweise mit entsprechenden Elementen der Signalteilst-
10 folge $K2(k)$ multipliziert und die resultierenden Teilergeb-
nisse zur Korrelationssumme S aufsummiert. Dabei stellen wie-
der die dick gezeichneten Linien die zusätzlich nötigen
Schritte zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme $S1$
dar, für den Fall, daß die anderen Teilkorrelationssummen TS
15 zuvor schon berechnet und abgespeichert wurden.

Figur 10 zeigt nochmals die Berechnung einer ersten Korrela-
tionssumme $S0$ bei der zunächst jedes 4. Element der Empfangs-
signalfolge $E(l)$ ausgewählt wird, diese Elemente mit entspre-
20 chenden Elementen der ersten Signalteilstfolge $K1(j)$ $+++$ mul-
tipliziert werden und durch Summation der Teilergebnisse die
Teilkorrelationssumme $TS(0)$ berechnet wird. In einem zweiten
Schritt werden die ersten vier aufeinander folgenden Elemente
der Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ mit den entsprechenden
25 Elementen der zweiten Signalteilstfolge $K2(k)$ $++-$ multipli-
ziert und die entstehenden Teilergebnisse zur Korrelations-
summe $S0$ aufsummiert.

Bei dieser Ausführungsvariante wird weniger Speicher zum Zwi-
30 schenspeichern der Teilkorrelationssummen benötigt, wenn die
Summen sukzessive berechnet werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung wer-
den als Signalteilstfolgen Barker-Folgen verwendet, da diese,
35 bezogen auf die Länge, die bestmöglichen Autokorrelationsei-
genschaften bieten. Für die o.g. Verfahren eignet sich insbe-
sondere die Verwendung einer Signalfolge der Länge 169, die

durch zwei Barker-Signaltailfolgen der Länge 13 gebildet werden. Eine solche Folge kann insbesondere in einem UMTS-Mobilfunksystem vorteilhaft eingesetzt werden.

- 5 Je nach Ausführungsvariante können die Elemente der Signaltailfolgen Werte auf dem Einheitskreis, beliebige reelle Werte oder beliebige komplexe Werte annehmen.

10 Ferner sieht eine weitere Ausgestaltung der Erfindung vor, zwei Signaltailfolgen gleicher Länge zu verwenden. Es ist auch möglich für die beiden Signaltailfolgen die gleiche Folge zu verwenden. Auch kann es vorteilhaft sein, als zweite Signaltailfolge die gespiegelte erste Signaltailfolge zu verwenden: $K_1(j) = K_2(n_1 - j)$.

15

Es ist auch möglich eine verkürzte Signalfolge mit weniger als $n_1 * n_2$ Werten zu verwenden. Zur Berechnung der Korrelationssummen wird in diesem Fall das letzte Element der Teilkorrelationssummenfolge (zur Berechnung einer neuen Korrelationssumme) zunächst verkürzt berechnet und dann (um die für die folgenden Korrelationssummen benötigte Teilkorrelationssummenfolge zu berechnen) komplett berechnet. Dies erlaubt die Generierung von Signalfolgen beliebiger Länge.

20

In oben eingeführter Nomenklatur wird also eine verkürzte Signalfolge $K_s(i)$ verwendet, deren Länge n_s kleiner ist als $n_1 * n_2$. Es sei $n_s = n_1 * n_2 - \delta$. n_1 läßt sich so wählen, daß gilt $\delta < n_2$.

- 30 Die Berechnung wird analog zum bereits geschilderten Verfahren durchgeführt, nur daß zusätzlich verkürzte Teilkorrelationsfolgen TSs berechnet werden, deren Länge ebenfalls um δ kürzer als n_2 ist.

$$\begin{aligned}
 TSs(n-1) &= \begin{pmatrix} K2(0) \\ \vdots \\ K2(k) \\ \vdots \\ K2(n2-1-\delta) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} E(n-1) \\ \vdots \\ E(k+n-1) \\ \vdots \\ E(n2+n-2-\delta) \end{pmatrix} = \\
 &= K2(0) * E(n-1) + \dots + K2(k) * E(k+n-1) + \dots + K2(n2-1-\delta) * E(n2+n-2-\delta)
 \end{aligned}$$

Die (verkürzte) erste Korrelationssumme S_0 kann dann berechnet werden, wobei im Gegensatz zum oben beschriebenen Verfahren für den letzten Term die verkürzte Teilkorrelationssumme verwendet wird.

$$S_0 = K1(0) * TS(0) + \dots + K1(j) * TS(j * n2 - 1) + \dots + K1(n1 - 1) * TSs((n1 - 1) * n2 - 1)$$

Vorteilhafterweise wird die später benötigte nicht verkürzte Teilkorrelationssumme $TS(i)$ unter Verwendung der gespeicherten Teilkorrelationsfolge $TSs(i)$ berechnet.

Es ist auch möglich eine verlängerte Signalfolge, also mit mehr als $n1 * n2$ Werten zu verwenden. Zur Berechnung der Korrelationssummen wird in diesem Fall der erste Teil ($n1 * n2$ Terme) nach obigem Verfahren berechnet, und außerdem zusätzliche Terme hinzugenommen. Die Korrelationsfolge $K1(i)$ enthält dazu eine erfindungsgemäße Korrelationsfolge $K(i)$, die jedoch um zusätzliche Elemente verlängert ist. Auch dieses Verfahren erlaubt die Generierung von Folgen beliebiger Länge.

In oben eingeführter Nomenklatur wird also eine verlängerte Korrelationsfolge $K1(i)$ verwendet, deren Länge $n1$ größer ist als $n1 * n2$. Es gilt $K1(i) = K(i)$ für $0 \leq i \leq n1 * n2 - 1$.

Die Berechnung wird analog zum bereits geschilderten Verfahren durchgeführt, nur daß außerdem die zusätzlichen Terme nach einem beliebigen Verfahren, entweder konventionell oder ebenfalls erfindungsgemäß, berechnet werden.

17

$$S0 = K1(0) * TS(0) + \dots + K1(j) * TS(j * n2 - 1) + \dots + K1(n1 - 1) * TS((n1 - 1) * n2 - 1) + \\ + K1(n1) * E((n1 - 1) * n2) + \dots + K1(n1) * E(n1)$$

In einer weiteren Variante des zuletzt aufgeführten Ausführungsbeispiels werden zusätzliche Werte am Anfang und/oder
 5 zwischen den (modulierten) Wiederholungen der Signalteilfolge K2 eingefügt. Die nicht eingefügten Elemente werden dann gemäß einem oben stehenden Verfahren weiterverarbeitet, die eingefügten Elemente entweder konventionell oder ebenfalls nach einem erfindungsgemäßen Verfahren.

10

Eine andere Weiterbildung der Erfindung sieht vor mehr als zwei Signalteilfolgen zu verwenden, wobei eine Signalteilfolge selbst aus Signalteilfolgen besteht.

15 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung macht von der durch das regelmäßige Konstruktionsprinzip der Signalfolge K(i) bedingten regelmäßigen (fast periodischen) Struktur der aperi-
 odischen Autokorrelationsfunktion dieser Signalfolge Gebrauch. Dies bedeutet, daß sich bei der Suche eines Signals
 20 nicht nur ein Haupt-Maximum ergibt, sondern in regelmäßigen Abständen auch Nebenmaxima auftreten. Zur beschleunigten Suche nach der Signalfolge in der Empfangssignalfolge kann man die Regelmäßigkeit der Lage der Maxima ausnutzen. Sobald ein Nebenmaxima gefunden wurde, kann man aufgrund der Periodizität die Lage der anderen Maxima vorhersagen, d.h. man berechnet die Korrelationssumme lediglich an diesen Stellen. Auf diese Weise kann man schnell das Hauptmaximum detektieren. Allerdings kann es sich bei dem vermeintlichen Nebenmaximum auch nur um einen zufällig (wegen des Rauschanteils) erhöhten
 30 Wert handeln. In diesem Fall wird man an den potentiellen Stellen des erwarteten Hauptmaximums tatsächlich kein Maximum finden. Daher wird in diesem Fall die Hypothese verworfen und die Berechnung konventionell fortgesetzt.

35 Man kann die durch das Konstruktionsprinzip der Signalfolgen bedingte Regelmäßigkeit der Nebenmaxima aber auch zur Elimi-

nierung und Korrektur störender Nebenmaxima im Korrelationsergebnis ausnutzen. Nach der Detektion des Maximums kann man aus dem Maximum die Nebenmaxima berechnen und diesen Wert von den entsprechenden Korrelationsergebnissen subtrahieren.

5 Auf diese Weise erhält man das Korrelationsergebnis einer (hypothetischen) Folge mit perfekter Autokorrelationsfunktion. Dadurch ergibt sich durch die Regelmäßigkeit der Nebenmaxima eine stark vereinfachte Berechnung.

10 Die Erfindung ist nicht auf Funkübertragungssysteme beschränkt, sondern kann auch bei Verwendung anderer Übertragungsverfahren z.B. akustischer Verfahren (Ultraschall), insbesondere zu Zwecken der Sonographie, oder optischer Verfahren, beispielsweise die Infrarotmessung nach Lidar-Prinzipien
15 eingesetzt werden. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Untersuchung von Änderungen der spektralen Zusammensetzung von rückgestreuten Signalen.

Die Bildung von Signalfolgen, ihre Übertragung, sowie die Berechnung von Korrelationssummen dieser Signalfolgen mit empfangenen Signalfolgen kann in unterschiedlichen technischen Gebieten Anwendung finden:

- 20 - zum Zwecke der Synchronisation zweier Übertragungseinheiten, wie beispielsweise Funkstationen, insbesondere die Verwendung dieser Folgen im Synchronisationskanal in CDMA-Mobilfunksystemen, wie das sich in der Standardisierung befindliche UMTS-System,
- 25 - bei der Datenübertragung mittels durch die Signalfolge gespreizte Sendesymbole bzw. Daten in Bandspreiz (spread spectrum)-Systemen, insbesondere zur Ermittlung von Sendesymbolen bzw. Daten, denen eine derartige Signalform aufmoduliert wurde,
- 30 - in der Meßtechnik zur Entfernungs- und Objektvermessung,
- 35

- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen Übertragungseinheiten, wie Sendeeinheit und Empfangseinheit liegenden Übertragungskanals, in der Radarmeßtechnik, um die Lage eines Objektes und /oder weitere von der Geometrie und den spezifischen Reflexionseigenschaften des Objektes abhängige Parameter zu bestimmen,

- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen Sender und Empfänger befindlichen Übertragungskanals, in der Radarmeßtechnik zur Bestimmung von Parametern eines rückstreuenden Mediums, insbesondere der Ionosphäre, insbesondere durch inkohärente Streuung,

- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen Übertragungseinheiten, wie Sendeeinheit und Empfangseinheit liegenden Übertragungskanals, insbesondere zur Bestimmung von Mehrwegeausbreitungen in der Meßtechnik oder Kommunikationstechnik. Dabei werden mittels des Korrelationsergebnisses während der Kommunikation die sich zeitlich ändernden Ausbreitungseigenschaften des Übertragungskanals (Kanalimpulsantwort) ermittelt. Insbesondere werden zusätzliche Pfade der Mehrwegeausbreitung ermittelt. Dazu können die Signalfolgen $K(i)$ auch in Form einer Mittambel innerhalb eines Funkblockes übertragen werden. Diese Kenntnis kann dann in einer ansonsten konventionellen Empfangseinheit weiterverwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bildung einer Signalfolge $K(i)$ der Länge n , bei dem

- 5 - die Signalfolge $K(i)$ auf einer ersten Signalteilfolge $K1(j)$ der Länge $n1$ und einer zweiten Signalteilfolge $K2(k)$ der Länge $n2$ basiert, wobei
- sich die zweite Signalteilfolge $K2(k)$ $n1$ mal wiederholt und dabei mit der ersten Signalteilfolge $K1(j)$ moduliert wird.

10

2. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Bildung der Signalfolge $K(i)$ durch Modulation der zweiten Signalteilfolge $K2(k)$ nach folgender Vorschrift erfolgt:

$$K(i) = K2(i \bmod n1) * K1(i \operatorname{div} n2).$$

15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Bildung und/oder Übertragung der Signalfolge $K(i)$

- zur Synchronisation mindestens zweier Übertragungseinheiten (MS,BS), oder

- 20 - zur Aufmodulation auf Daten gemäß einer Bandspreiztechnik, oder
- zur Ermittlung von Objektausmaßen oder Objekteigenschaften, oder
- zur Bestimmung von Übertragungseigenschaften des zwischen
- 25 Übertragungseinheiten liegenden Übertragungskanals, oder
- zur Bestimmung der Lage eines Objektes und /oder weiterer von der Geometrie und/oder den spezifischen Reflexionseigenschaften des Objektes abhängiger Parameter, oder
- zur Bestimmung von Parametern eines rückstreuenden Mediums
- 30 erfolgt.

4. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge $E(l)$ enthaltenen vorgegebenen Signalfolge $K(i)$, die gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 gebildet

35 wurde, durch die Bestimmung der Korrelationssummen S der Signalfolge $K(i)$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$, bei dem

- eine Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ der Signalteilfolge $K2(k)$ mit entsprechenden Teilen der Empfangssignalfolge $E(l)$ berechnet wird, und

- 5 - zur Berechnung einer Korrelationssumme S $n1$ Elemente der Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ ausgewählt werden und im Sinne eines Skalarproduktes mit der Signalteilfolge $K1(j)$ multipliziert werden.

- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem zur Berechnung einer Korrelationssumme S $n1$ jeweils $n2$ -te Elemente der Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ ausgewählt werden.

- 15 6. Verfahren zur Ermittlung einer in einer Empfangssignalfolge $E(l)$ enthaltenen vorgegebenen Signalfolge $K(i)$, die gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 gebildet wurde, durch die Bestimmung der Korrelationssummen S der Signalfolge $K(i)$ mit entsprechenden Abschnitten der Empfangssignalfolge $E(l)$, bei dem

- 20 - eine Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ der Signalteilfolge $K1(j)$ mit ausgewählten Elementen der Empfangssignalfolge $E(l)$ berechnet wird, und
- zur Berechnung einer Korrelationssumme S $n2$ Elemente der Teilkorrelationssummenfolge $TS(z)$ im Sinne eines Skalarproduktes mit der Signalteilfolge $K2(k)$ multipliziert werden.

- 30 7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem zur Berechnung einer Teilkorrelationssumme TS $n1$ jeweils $n2$ -te Elemente der Empfangssignalfolge $E(l)$ ausgewählt werden.

- 35 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem berechnete Teilkorrelationssummen TS abgespeichert werden und zur Berechnung einer weiteren Korrelationssumme S verwendet werden.

9. Verfahren zur Übertragung von Daten, bei dem

eine Signalfolge $K(i)$ nach einem der Ansprüche 1 bis 3 in einer sendenden Einheit (BS) gebildet wird und diese Signalfolge $K(i)$ nach einem der Ansprüche 4 bis 8 in einer empfangenden Einheit (MS) ermittelt wird.

5

10. Sendeeinheit (BS) ,mit

- Multiplikations- und Additionsmitteln (DSP) zur Bildung einer Signalfolge $K(i)$ nach einem der Ansprüche 1 bis 3.

10 11. Empfangseinheit (MS), mit

- Multiplikations- und Additionsmitteln (DSP) zur Ermittlung einer Signalfolge $K(i)$, die nach einem der Ansprüche 1 bis 3 gebildet wurde, und

15 - Speichermitteln (SPE) zur Speicherung von Zwischenergebnissen (TS).

Zusammenfassung

Verfahren zur Bildung bzw. Ermittlung einer Signalfolge, Sendeeinheit und Empfangseinheit

5

Bildung von Signalfolgen die auf Signalteilstfolgen basieren, wobei die zweite Signalteilstfolge wiederholt wird und dabei durch die erste Signalteilstfolge moduliert wird. Verwendung dieser Signalteilstfolgen zur vereinfachten Berechnung von Korrelationssummen in einem zweistufigen Berechnungsverfahren, wobei zunächst eine Teilkorrelationssummenfolge berechnet wird.

10

Figur 5

FIG 1

1/10

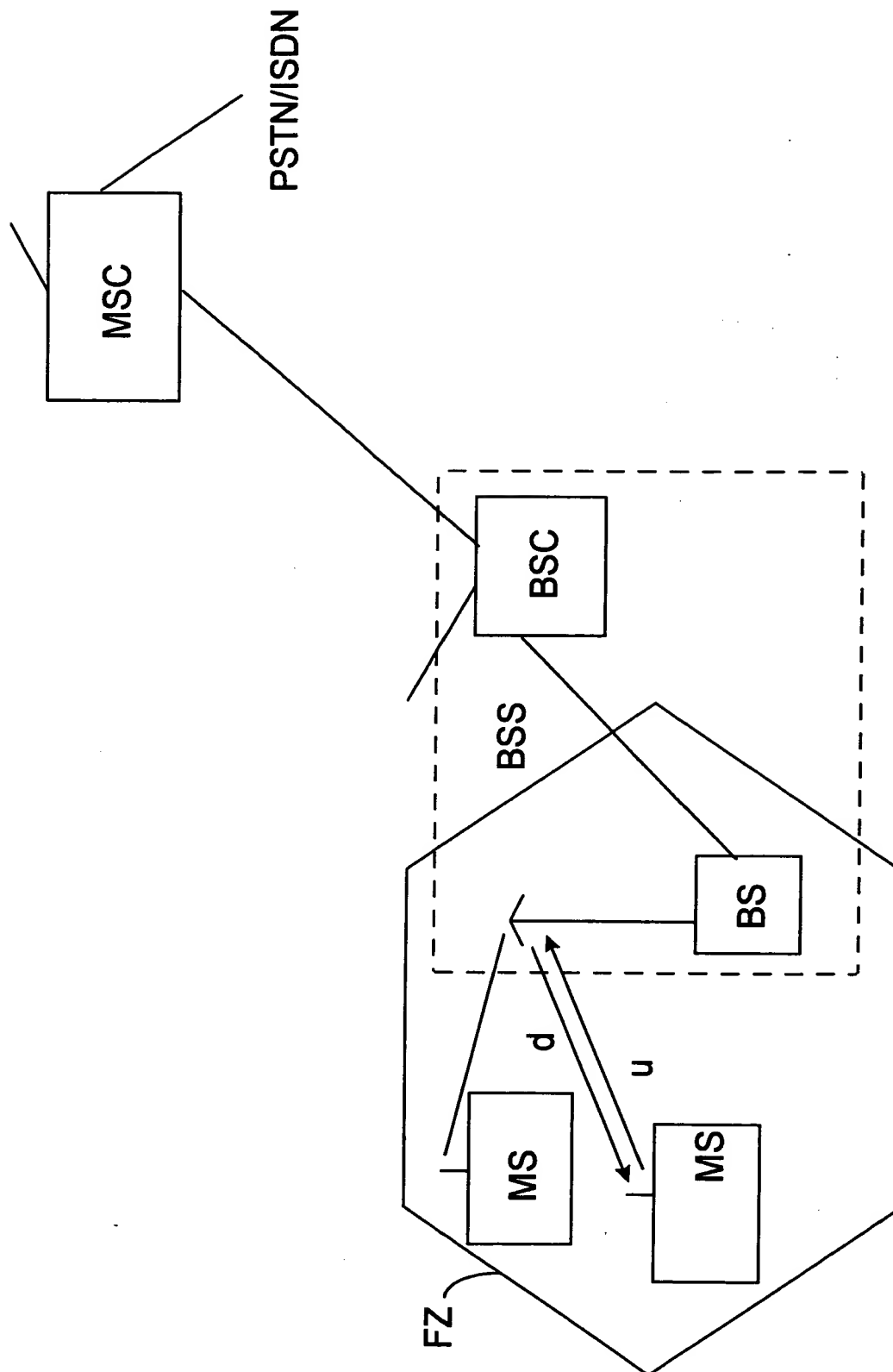


FIG 2

2/10

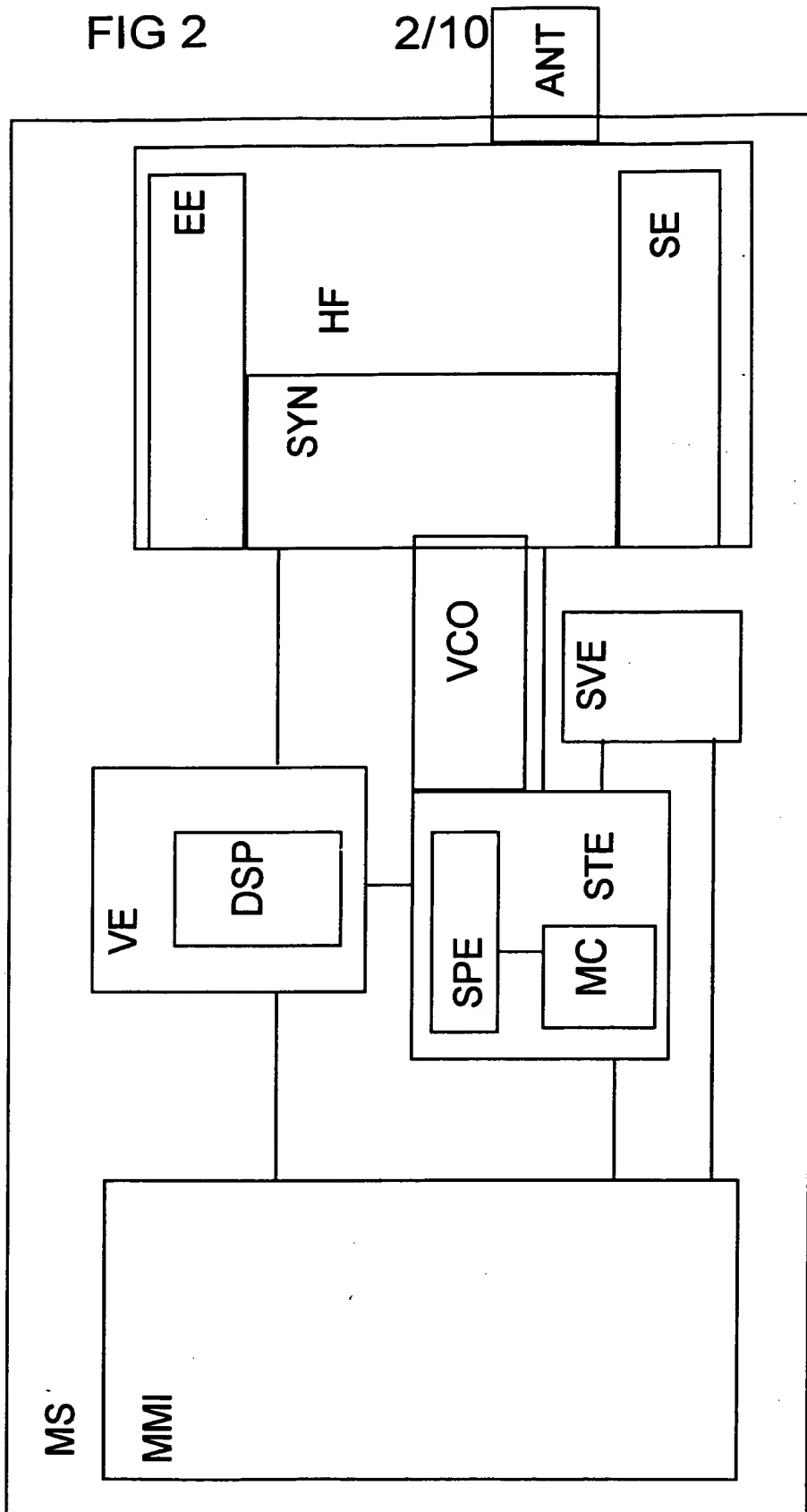


FIG 3

3/10

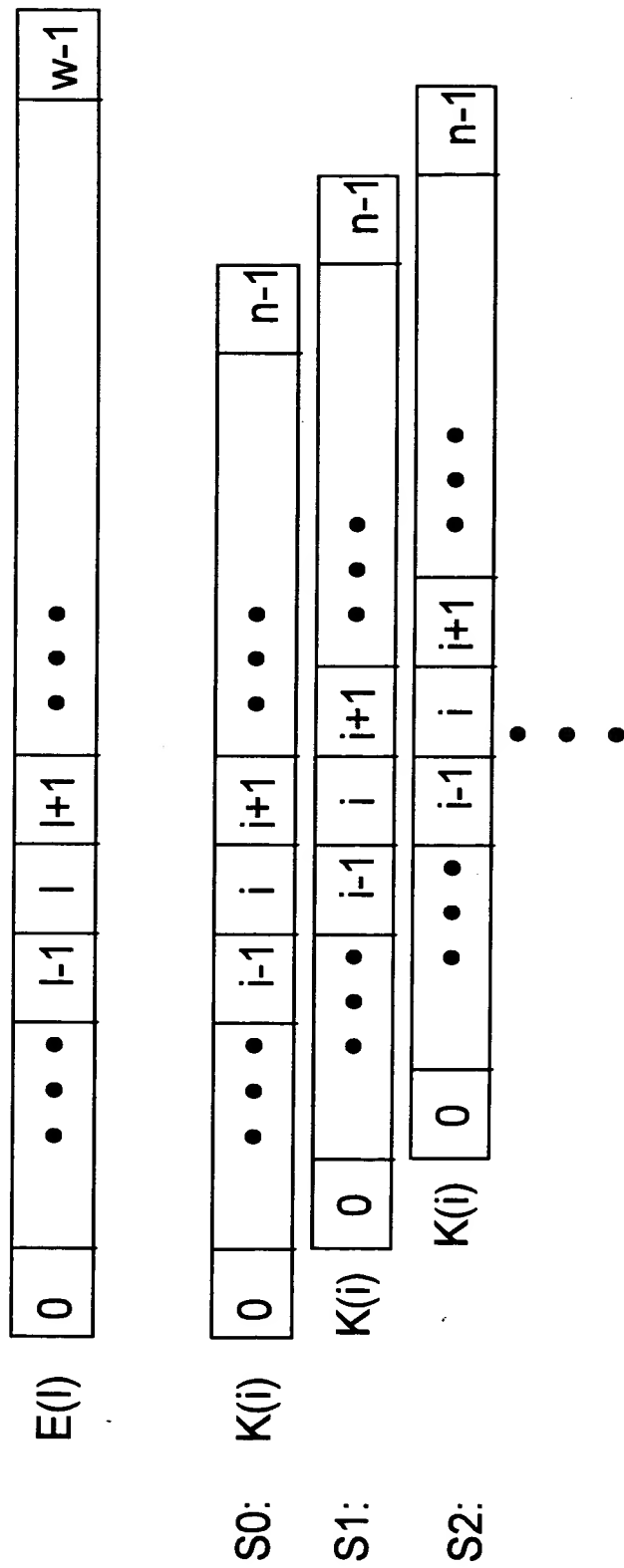
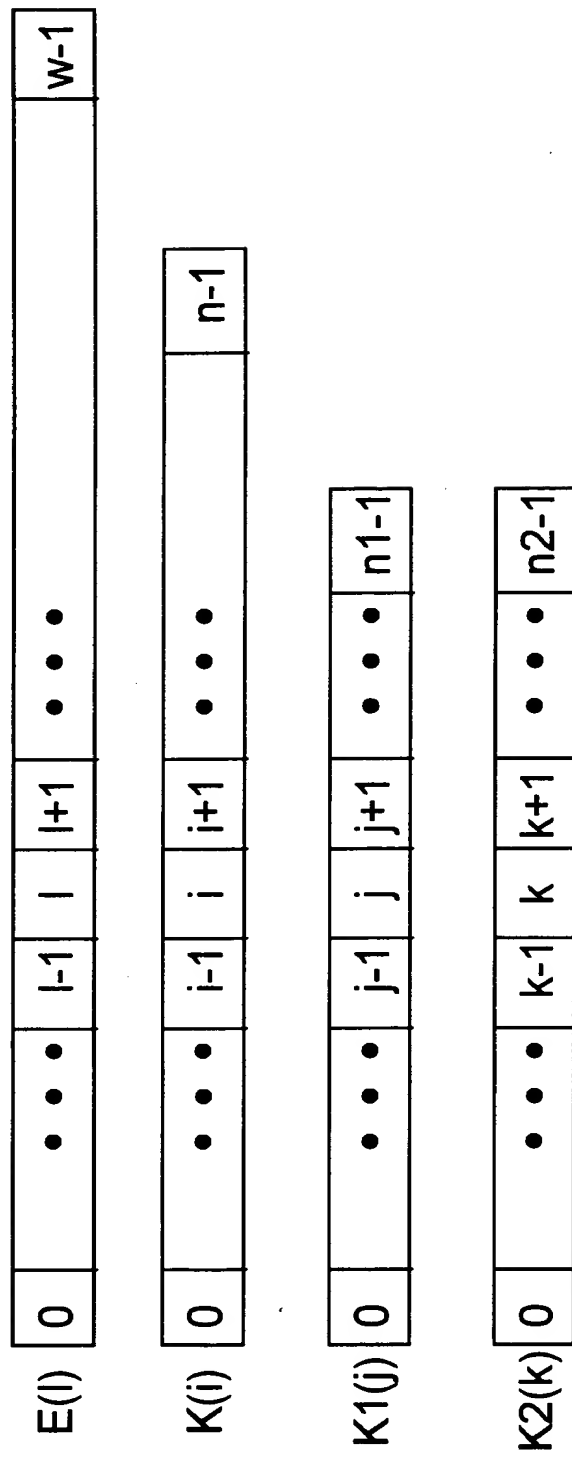


FIG 4

4/10



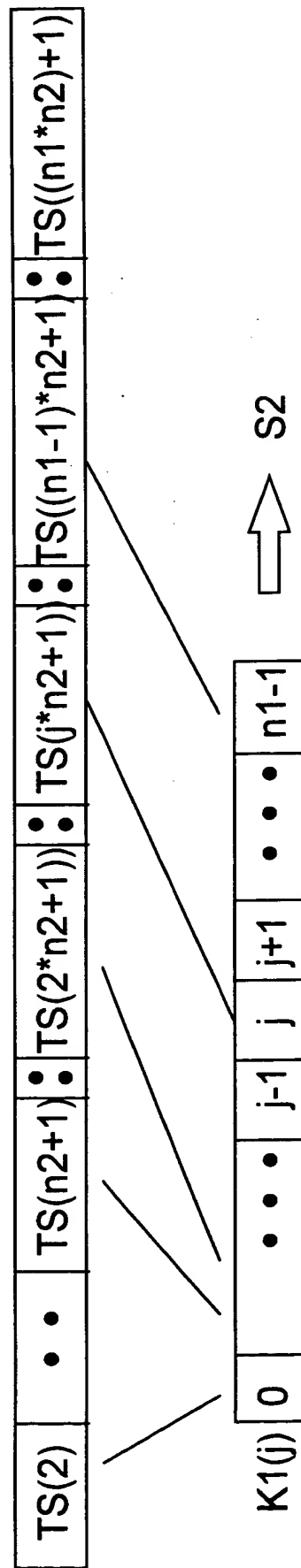
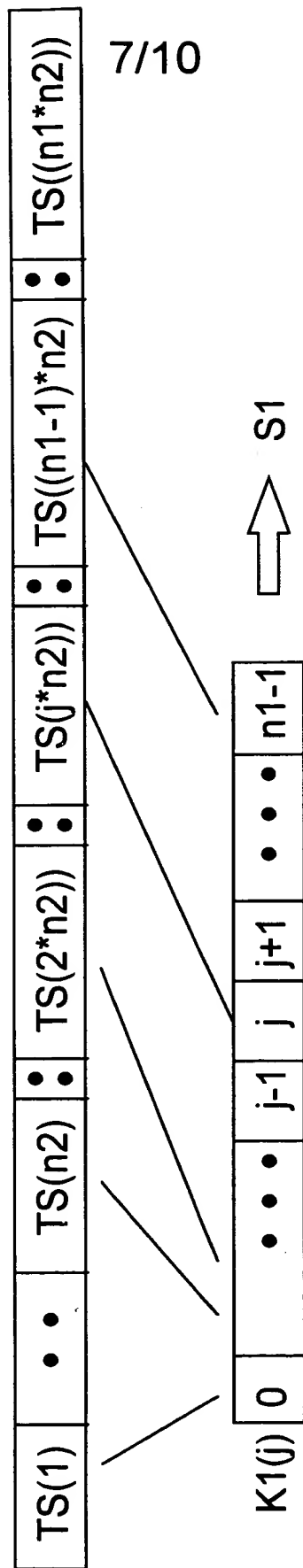
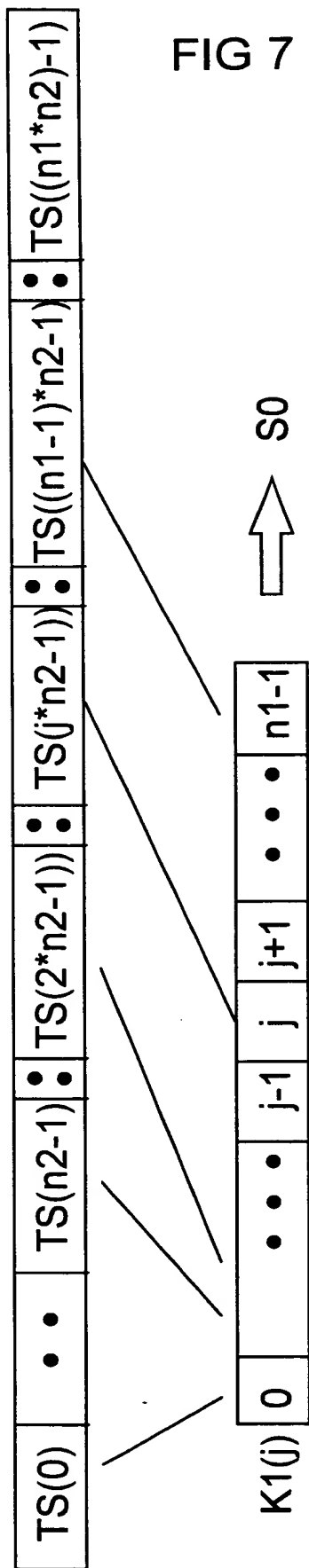


FIG 8

8/10

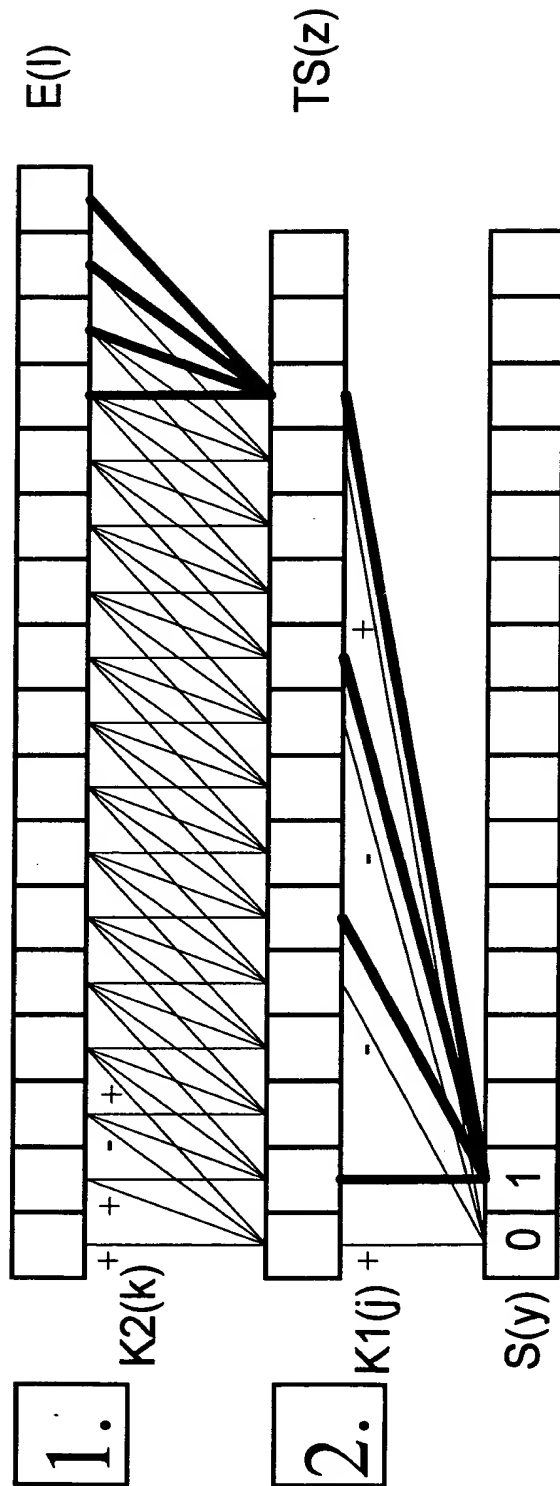


FIG 9

9/10

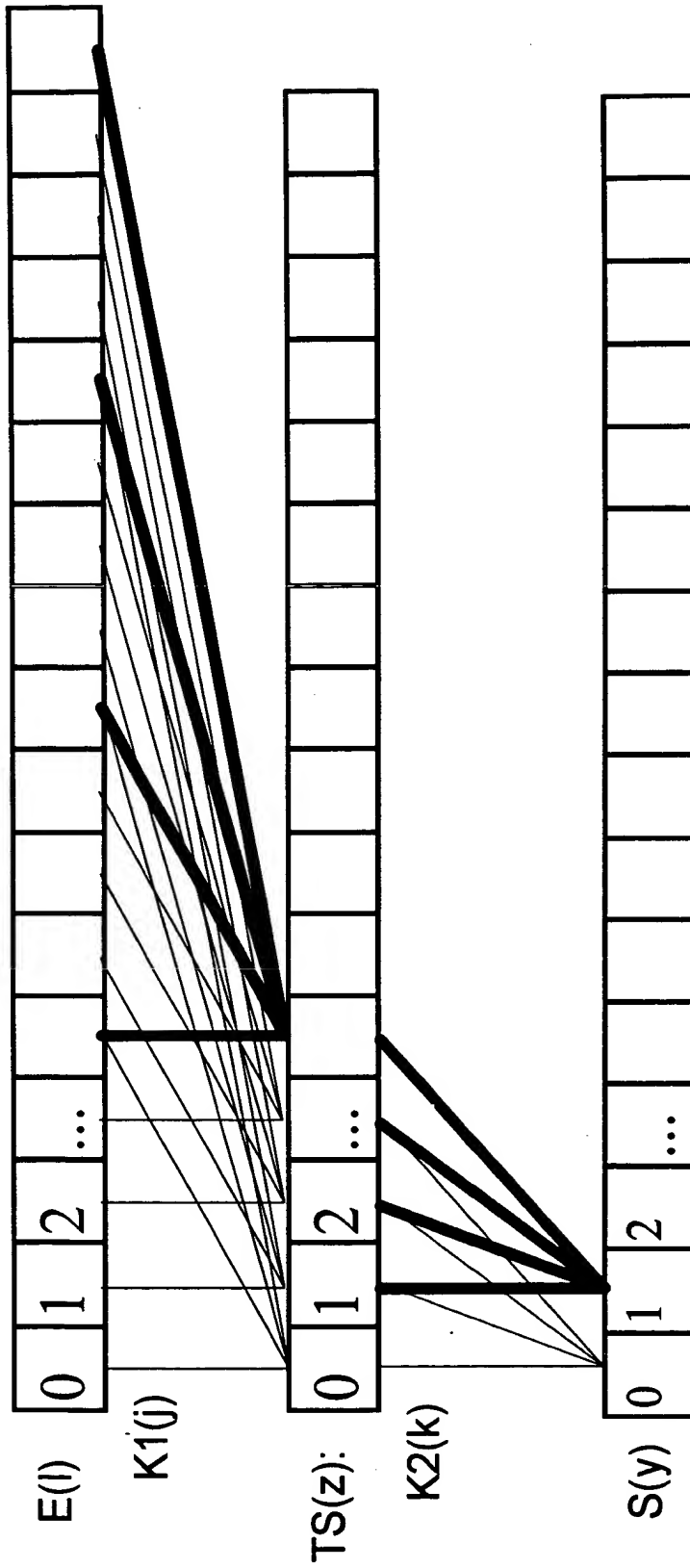
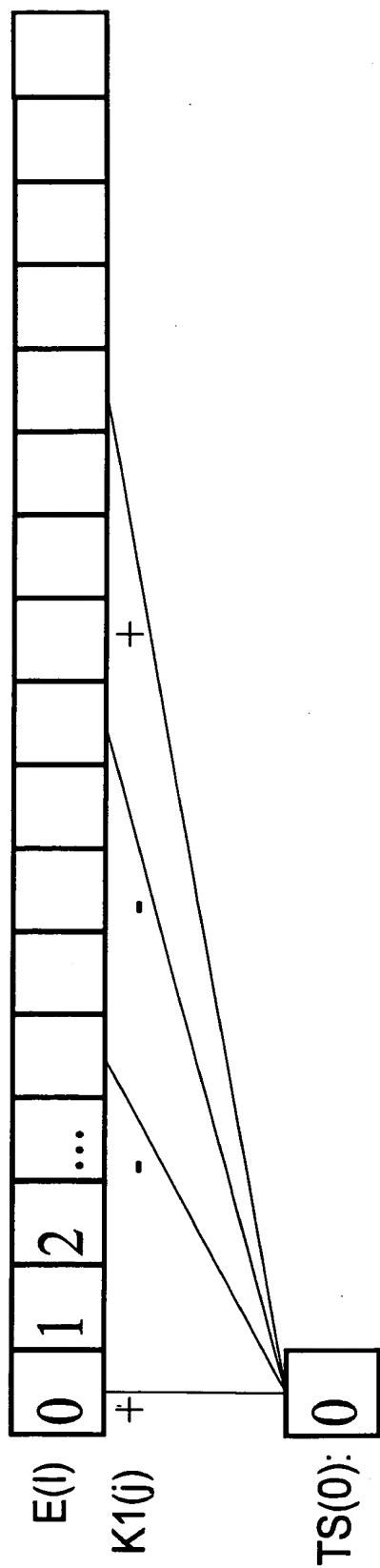
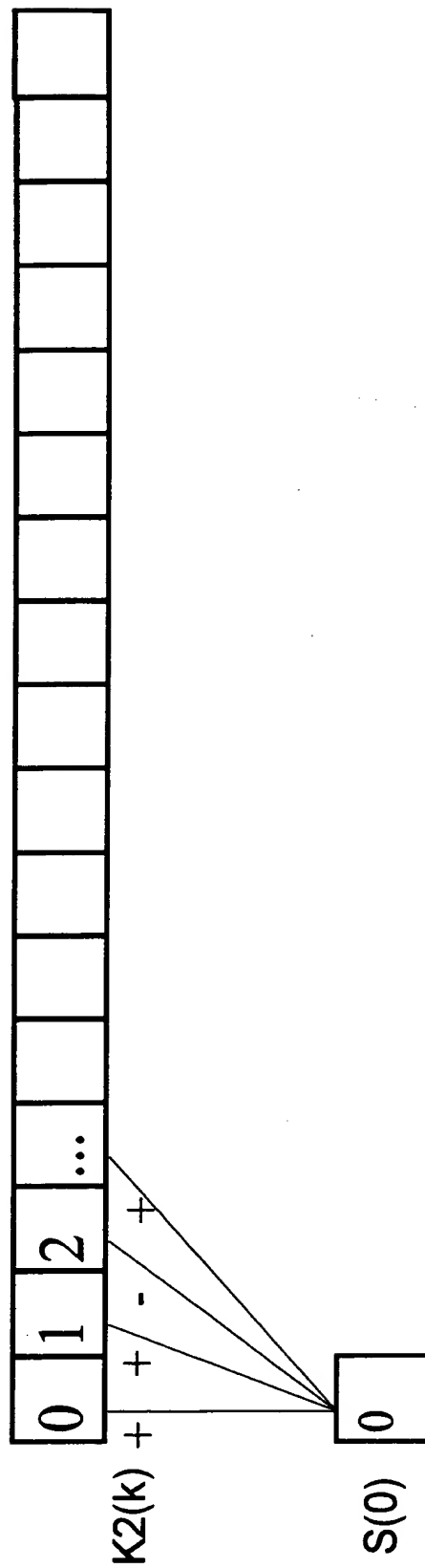


FIG 10



10/10



THIS PAGE BLANK (USPTO)